

反应堆控制与核电站仪控系统第二次作业

仿真作业题：对象一 $G_1(s) = \frac{ke^{-\tau s}}{(4s+1)(T_1s+1)^n}$ ；对象二 $G_2(s) = \frac{2e^{-\tau s}}{s(4s+1)(20s+1)^n}$ 。

- 1. 对上述两个对象分别采用 PID 控制，调整 PID 参数的大小，判断 P，I，D 调节作用对控制对象曲线的改善情况。扰动分别为设定值  $r=1$ ，内扰  $x=1$ 。式中， $k=2$ ， $T_1=20$ ， $n=2$ ， $\tau=0$ 。
- 2. 采用一组固定的 PID 参数，分别改变  $k$ ， $T_1$ ， $n$ ， $\tau$ ，在设定值和内扰扰动时，观察参数变化对调节过程的影响。

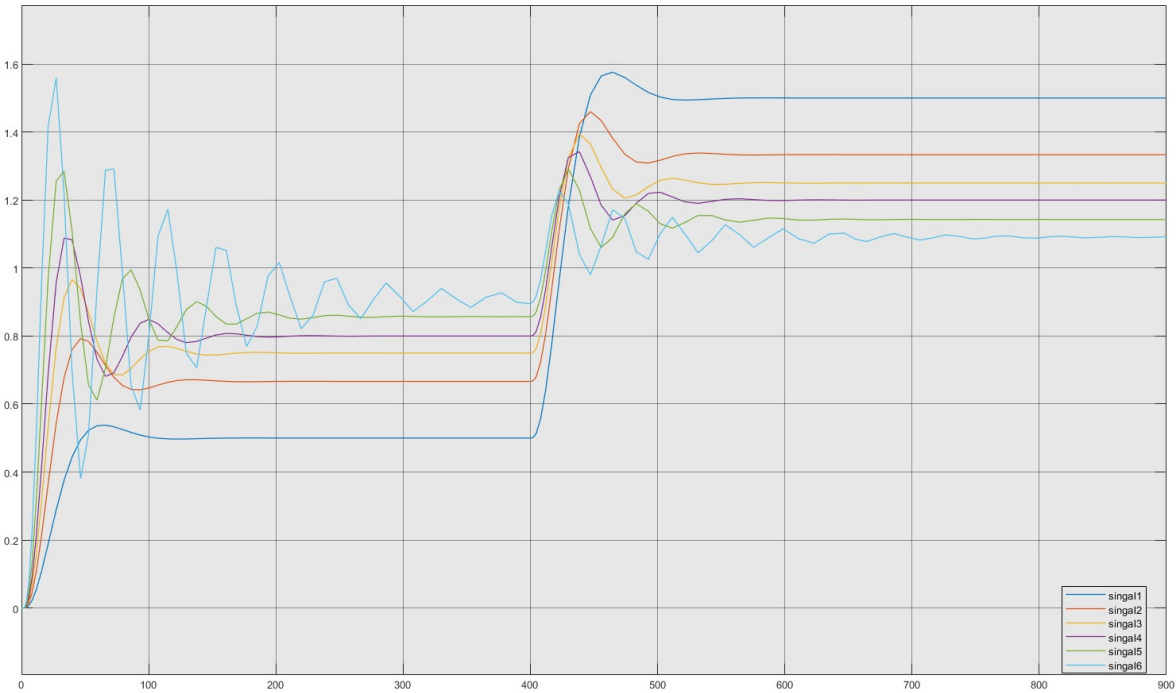
1.解答：

1.1 对象一是一个有自平衡能力的对象，根据传递函数建立了如文件 transmitter1 的调试组（文件中 ajsmt 表示 adjustment），现对不同的 PID 参数进行讨论。各信号的 PID 取值如下所示：

Signal name	Proportion adjustment			Integral adjustment			Differential adjustment		
	Kp	Ti	Td	Kp	Ti	Td	Kp	Ti	Td
Singal1	0.5	0	0	3	100000	0	3	20	10
Singal2	1	0	0	3	500	0	3	20	20
Singal3	1.5	0	0	3	250	0	3	20	30
Singal4	2	0	0	3	100	0	3	20	100
Singal5	3	0	0	3	20	0	3	20	130
Singal6	5	0	0	3	8.333	0	3	20	200

1) 比例调节

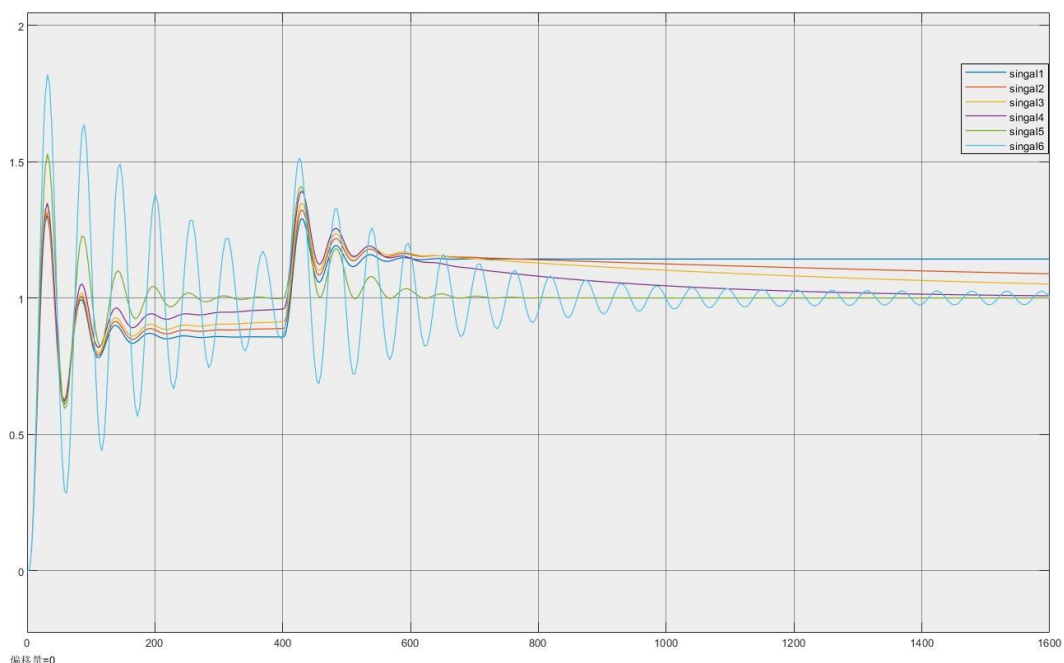
比例调节的图像如下所示：



从图中可以看出，比例调节是有差调节，在误差出现时才会发生作用。随着比例参数  $K_p$  的增大，曲线的响应速度明显开始加快，同时也伴随着更大的超调量和更加剧烈的振荡，趋于稳定的时间变得更长。但同时也可以看到，曲线更加接近设定值 ( $r=1$ )，稳态偏差和平均动态偏差趋小。

## 2) 积分调节

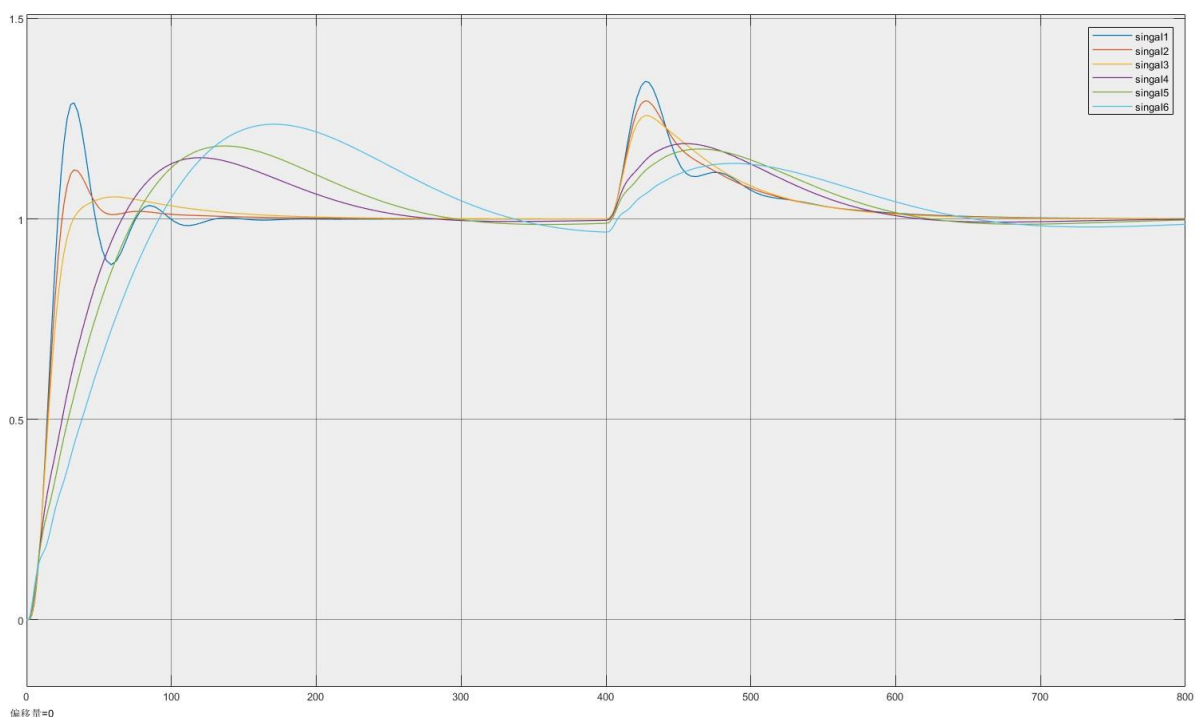
通过比例调节的调试，我们取  $K_p=3$  时的情况进行积分调节的测试。积分调节的图像如下所示：



从图中可以看出，加入积分调节后，随着积分调节的增大，系统的曲线超调量加大，但更快能够趋于平稳，达到稳定。在适度的积分作用下，曲线在第一次高峰快速衰减后能够更快地进入平稳过渡区。积分作用使得被调量能够更加地接近设定值 ( $r=1$ )。同时，我们也注意到，singal6 由于过大的积分作用产生了振荡，说明积分调节是无差调节，积分作用增加会加剧系统初始振荡，如果过大，则会导致系统振荡无法收敛，慢慢趋于发散。

## 3) 微分调节

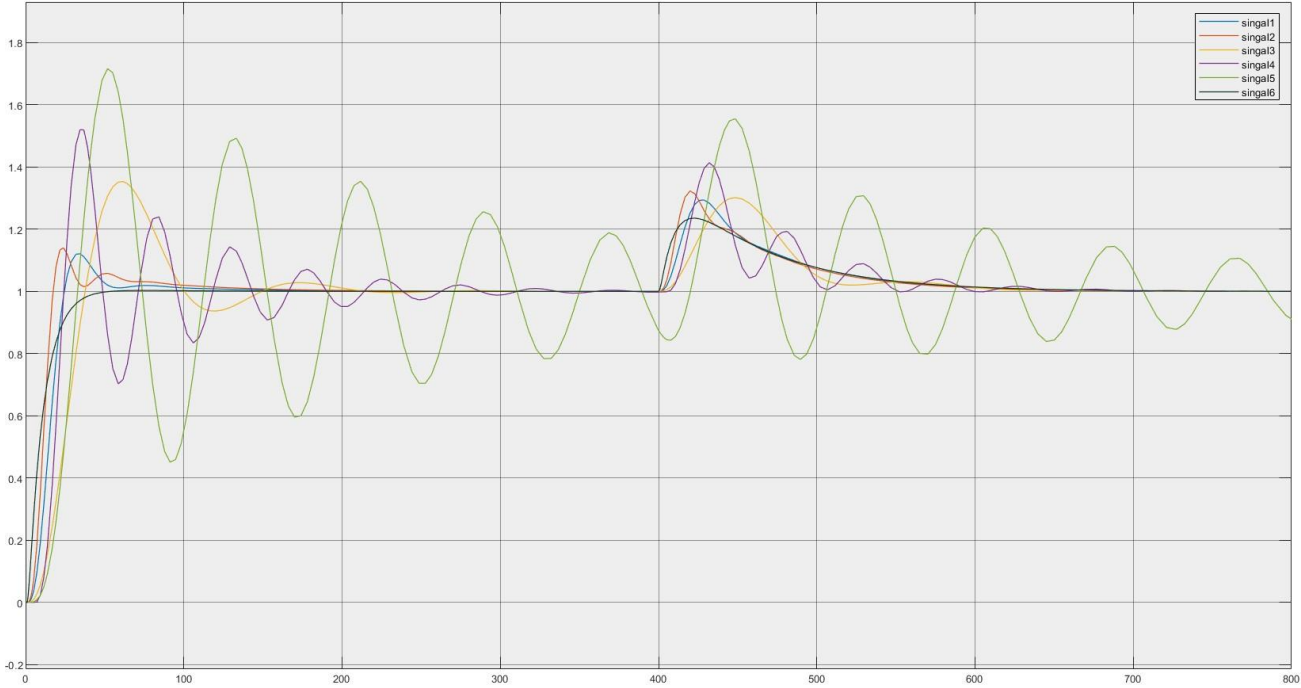
通过上述的比例调节和积分调节的测试，我们取  $K_p=3$ ,  $T_i=20$  时的情况进行微分调节的测试。微分调节的图像如下所示：



从图中可以看出,加入微分作用后,系统对扰动的响应速度会下降,微分作用增大,响应速度减慢,而且更慢达到稳定。系统的超调量会下降,曲线更加趋于平稳。但过大的微分作用会加剧系统对干扰的敏感性,导致扰动出现时可能会造成系统振荡,这一事实从 Singal6 在设定值扰动附近时曲线的振荡中看出。

4) 固定 PID 参数的调节

根据上述 PID 调节的结果,我们选取  $K_p=3$ ,  $T_i=20$ ,  $T_d=20$  这一组 PID 参数进行控制对象参数改变时系统响应曲线变化的探究。



曲线	参数变化	曲线变化
Singal1	无变化参考线	无。
Singal2	$k=4$	曲线响应速度加快, 超调量下降, 更快恢复稳定。
Singal3	$T_1=40$	曲线响应速度减缓, 衰减振荡频率下降。伴随有超调量的明显增大。
Singal4	$n=3$	超调量明显增大, 衰减振荡频率增大, 系统趋于振荡, 响应速度没有明显的变化。
Singal5	$\tau=5$	响应速度延缓, 曲线变得不稳定, 趋于振荡, 振荡频率逐渐变小。
Singal6	$n=1$	超调量明显减小, 曲线迅速趋于稳定, 基本无振荡。

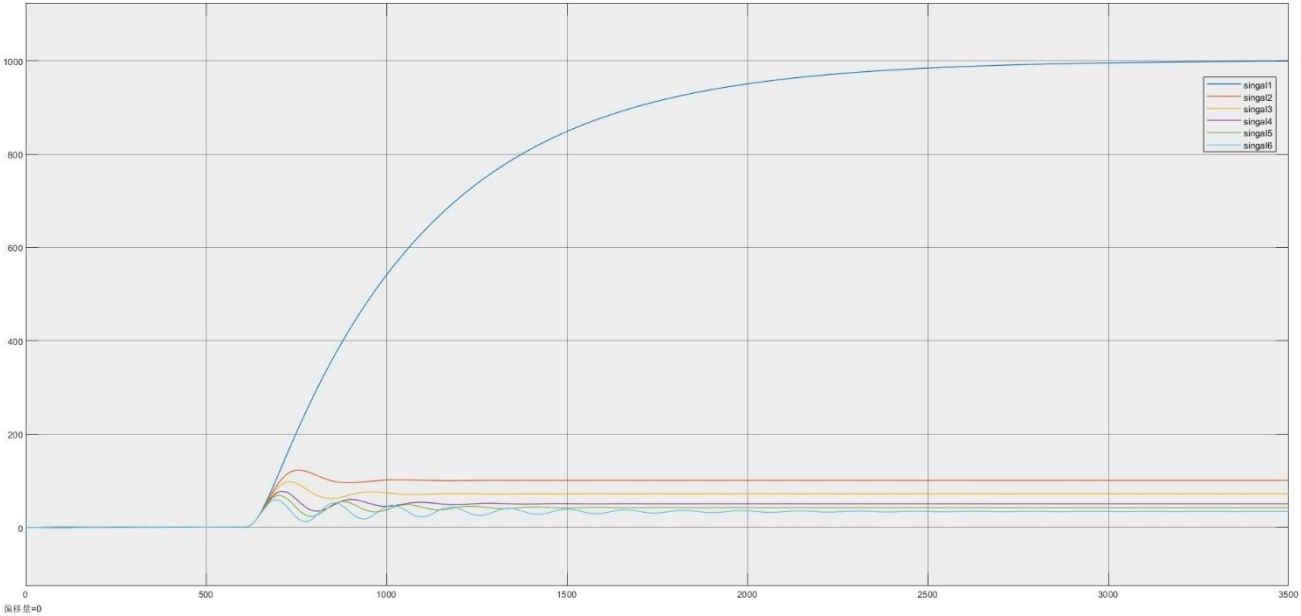
1.2 对象二是一个无自平衡能力的对象, 首先根据劳斯判据计算出在比例负反馈调节下系统能够稳定的条件为  $0 < K_p < 0.366$ , 随后根据传递函数建立了如文件 transmitter2 的调试组。于是取得各信号参数值如下:

Signal name	Proportion adjustment			Integral adjustment			Differential adjustment		
	$K_p$	$T_i$	$T_d$	$K_p$	$T_i$	$T_d$	$K_p$	$T_i$	$T_d$
Singal1	0.001	0	0	----	----	----	----	----	----
Singal2	0.004	0	0	----	----	----	----	----	----
Singal3	0.01	0	0	----	----	----	----	----	----
Singal4	0.02	0	0	----	----	----	----	----	----

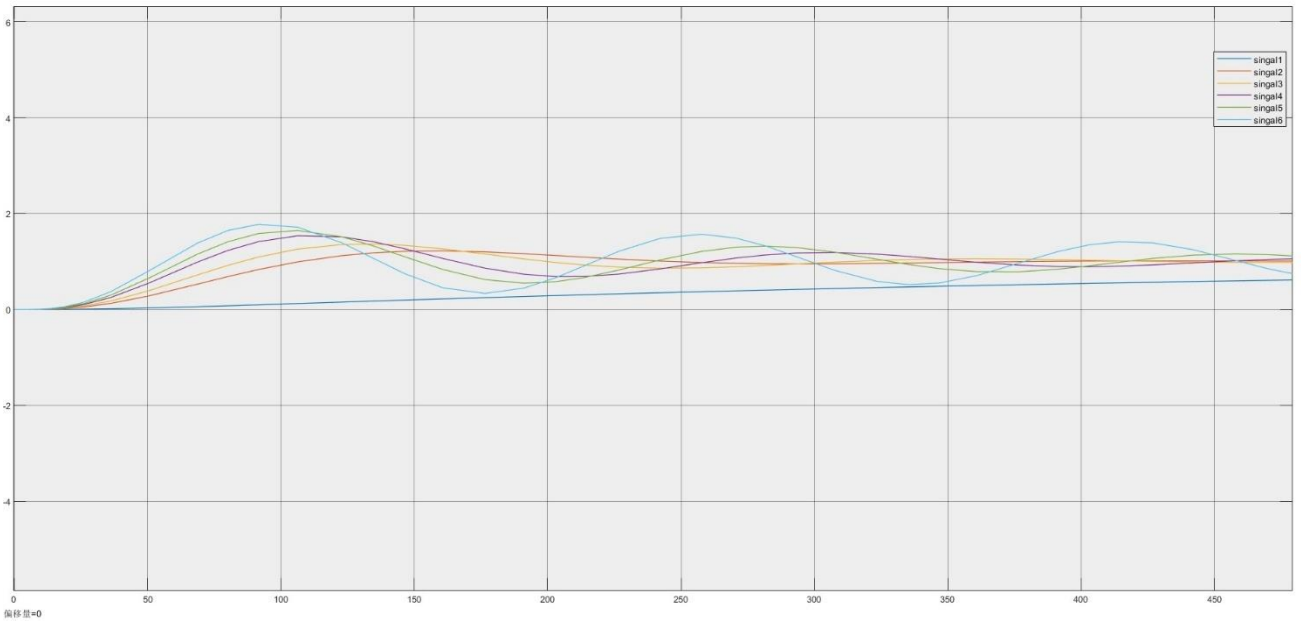
Singal5	0.03	0	0	----	----	----	----	----	----
Singal6	0.035	0	0	----	----	----	----	----	----

说明：由于笔者反复调试，在积分调节和微分调节部分仍然找不到比较合适的收敛参数，于是摆烂了。

比例调节：



上图为比例调节作用下的响应曲线图，可以看出，在稳定范围内，随着比例调节系数  $K_p$  的增大，响应曲线对内扰的响应速度没有明显变化，但可以明显地降低系统的超调量，同时也使曲线振荡加剧，更慢达到稳定。下图为在内扰未来临时系统对设定值扰动的响应曲线细节（上图的细节部分），可以看出，随着  $K_p$  的增大，系统的响应速度加快，同时振荡加剧，更慢达到稳定。



固定 PID 参数改变纯迟延参数  $\tau$  时，始终得不到收敛的曲线。

改变参数  $n$ ，系统变化规律与对象一类似。